

OBSTACLE DETECTOR

Patent Number: JP8094749
 Publication date: 1996-04-12
 Inventor(s): TAKIGAWA YOSHIFUMI
 Applicant(s): ISUZU MOTORS LTD
 Requested Patent: ☐ JP8094749
 Application Number: JP19940226782 19940921
 Priority Number(s):
 IPC Classification: G01S13/93; B60R21/00; G01S13/34; G01S13/60; G08G1/16
 EC Classification:
 Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To perform the accurate obstacle detection for a front vehicle by transmitting an FM-CW wave as a transmitted wave, mixing the received wave reflected from a reflecting body (front obstacle) with the transmitted wave so as to form the beat signal, analyzing the frequency of the beat signal, measuring the relative speed and the distance with the reflecting body, and discriminating a street-lamp post shaped body.

CONSTITUTION: The result of the frequency analysis of a beat signal is received, and the peak frequencies on the rising side and the falling side are obtained. When the peak frequencies are generated for a plurality of reflecting bodies, the estimated distances after the specified time are computed for all combinations of the peak frequencies on the rising side and the falling side. The distance in the combination, wherein the estimated distance and the actually measured distance agree, is selected as the distance to a front vehicle.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(1)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-94749

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 S 13/93				
B 6 0 R 21/00	6 2 0 B	8817-3D		
	E	8817-3D		
	Z	8817-3D		

G 0 1 S 13/ 93

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-226782

(22) 出願日 平成6年(1994)9月21日

(71) 出願人 000000170

いすゞ自動車株式会社

東京都品川区南大井6丁目26番1号

(72) 発明者 瀧川 能史

神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い

すゞ中央研究所内

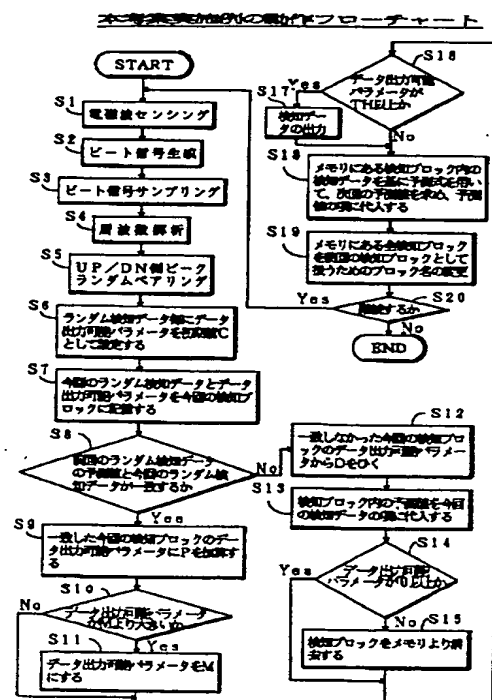
(74) 代理人 弁理士 茂泉 修司

(54) 【発明の名称】 障害物検知装置

(57) 【要約】

【目的】 FM-CW波を発射波として送信し、反射物体（前方障害物）で反射した受信波を該発射波と混合してビート信号を生成し、該ビート信号を周波数分析して該反射物体との相対速度及び距離を計測することにより障害物を検知する装置において、街灯支柱形状物を判別して正確な前方車両に対する障害検知を行う。

【構成】 ビート信号の周波数分析の結果を受けて上昇側及び下降側のピーク周波数を求め、該ピーク周波数が複数の反射物体について発生したとき上昇側及び下降側のピーク周波数の全ての組合せについて所定時間後の予測距離を算出し、該予測距離と実際に計測した距離とが一致した組合せにおける距離を前方車両との距離として選択する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 FM-CW波を発射波として送信し、反射物体で反射した受信波を該発射波と混合してビート信号を生成し、該ビート信号を周波数分析して該反射物体との相対速度及び距離を計測することにより障害物を検知する装置において、

該ビート信号の周波数分析の結果を受けて上昇側及び下降側のピーク周波数を求め、該ピーク周波数が複数の反射物体について発生したとき上昇側及び下降側のピーク周波数の全ての組合せについて所定時間後の予測距離を算出し、該予測距離と実際に計測した距離とが一致した組合せにおける距離を前方車両との距離として選択する演算部を備えたことを特徴とする障害物検知装置。

【請求項2】 該演算部が、該一致の判定に対して所定のパラメータを用いて後方保護及び前方保護を設けたことを特徴とした請求項1に記載の障害物検知装置。

【請求項3】 該演算部が、該後方保護及び前方保護に対してそれぞれリミット値を設けていることを特徴とした請求項2に記載の障害物検知装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は障害物検知装置に関し、特にFM-CW波を前方物体に発射して該前方物体との距離及び相対速度を計測することにより障害物を検知する装置に関するものである。

【0002】

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{y_1 - p}{S} = \frac{p - y_2}{L}, \quad S^2 + y_1^2 = r^2, \quad L^2 + y_2^2 = r^2$$

・・・ (1)

従って、ビームと防音壁Wとの交点座標を与える値S及びLは次式のように表される。

【0008】

【数2】

$$S = \frac{-p \times \tan \frac{\theta}{2} + \sqrt{-p^2 + r^2(1 + \tan^2 \frac{\theta}{2})}}{1 + \tan^2 \frac{\theta}{2}}$$

$$L = \frac{p \times \tan \frac{\theta}{2} + \sqrt{-p^2 + r^2(1 + \tan^2 \frac{\theta}{2})}}{1 + \tan^2 \frac{\theta}{2}}$$

ただし、 $\tan \frac{\theta}{2}$ である。

また、 $\tan \frac{\theta}{2} \ll 1$ とすれば $L - S \approx 2p \tan \frac{\theta}{2}$

・・・ (2)

この場合、もし、図14(1)に示すように自車両20の前方に車両等の障害物が無ければ、上記の座標値S～Lまでは防音壁Wにレーダが照射されることになる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】一方、図14(2)に示すように自車両20の前方のレーダ検知範囲(θ)内に車両21等の障害物が在る場合には、それらが後方の

【従来の技術】図10は固定シングルビームのFM-CW波を用いた電磁波レーダを車両20に搭載して直線路を走行したときのレーダの検知範囲θ(片側θ/2[rad])を図示したもので、その検知距離はD=100[m]に及ぶ。

【0003】一方、車両がカーブ路を走行するときには、図11に示すように高速道路等のカーブ路における曲率半径Rは、例えば道路の上り線と下り線が同一平面上に無い分離断面での2車線道路の場合は、各車線の区分線(点線)の中心までと定義されている。

【0004】そこで、このようなカーブ路において、車両20からのレーダビーム幅θは図12に示すようにθ[rad]であるが、路肩防護体としての防音壁Wに囲まれている場合のレーダ有効距離は次のようになる。

【0005】即ち、今、右カーブ路で曲率半径R[m]である2車線道路の左車線を走行している際の、防音壁Wの曲率半径をr[m]とした幾何学的な関係が図13に示されており、この場合、車両の中心位置Cはy軸上の座標(0, p)とし、またビーム幅をθ/2[rad]として、このビームと防音壁Wとの交点座標を、(S, y₁)及び(L, y₂) (但し、S<L)とする。

【0006】このような幾何学的関係では、次式が得られる。

【0007】

【数1】

壁や街灯支柱LPに対して電磁波が届かない影を作るので障害物検知は前方車両のみとなり、障害物検知装置としては問題ないが、同図(1)のように前方に障害物がないと、後方の街灯支柱LPを直接検知してしまう。

【0010】しかしながら、現状では電磁波の周波数解析の際にスペクトラム形状を用いて防音壁の判別は可能であるが(特願平6-26687号)、FM-CW方式

では変調パターンでの上昇側と下降側のビート周波数を正確に組合せなければ反射物体の速度と距離が求められないため、非車両物体としての街灯支柱LPを「停止車両」または「障害物」と判断してしまうことになる。

【0011】そこで本発明は、FM-CW波を発射波として送信し、反射物体（前方障害物）で反射した受信波を該発射波と混合してビート信号を生成し、該ビート信号を周波数分析して該反射物体との相対速度及び距離を計測することにより障害物を検知する装置において、変調パターンでの上昇側と下降側のビート周波数の組合せを正確に求めてカーブ路内の街灯支柱形状物を判別し正確な前方車両に対する障害検知を行うことを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明に係る障害物検知装置は、発射波と受信波とを混合して得られるビート信号の周波数分析の結果を受けて上昇側及び下降側のピーク周波数を求め、該ピーク周波数が複数の反射物体について発生したとき上昇側及び下降側のピーク周波数の全ての組合せについて所定時間後の予測距離を算出し、該予測距離と実際に計測した距離とが一致した組合せにおける距離を前方車両との距離として選択する演算部を備えている。

【0013】なお、上記の演算部は、該一致の判定に対して所定のパラメータを用いて後方保護及び前方保護を設けることができ、さらにこの後方保護及び前方保護に対してそれぞれリミット値を設けることもできる。

【0014】

【作用】本発明に係る障害物検知装置における演算部では、発射波と受信波とを混合してビート信号を生成すると共に、このビート信号の周波数分析を行う。

【0015】そして、その周波数分析の結果を受けて上昇側のピーク周波数及び下降側のピーク周波数を演算する。これらの上昇側のピーク周波数及び下降側のピーク周波数が単一の反射物体に対するものであるときには、両者の組み合わせで算出される相対距離は単一の正しい値しか生じないのでそのまま検知距離として使用される。

【0016】しかしながら、自車の前方に複数の反射物体が存在するときには、上昇側のピーク周波数及び下降側のピーク周波数がそれぞれ反射物体の数に対応して発生するので、両者の組み合わせで算出される相対距離はどれが正しいか分からない。

【0017】そこで、本発明では、上昇側及び下降側のピーク周波数の全ての組合せについて所定時間後の次の予測距離を算出する。そして、この算出した予測距離と該所定時間後に実際に計測した距離とが一致した組合せを検出し、この組合せにおける距離を前方車両との距離として選択するようにしている。

【0018】このようにして、常に反射物体が車両であ

るのかカーブ路における街灯支柱等であるかを正確に判別し、例えば検知距離が小さくなり過ぎた場合にはアラームを発生して安全運転を促すことが出来る。

【0019】

【実施例】以下、本発明に係る障害物検知装置について、「電磁波レーダを用いた車載型の距離測定装置」を例に説明を行う。なお、電磁波の検知方法と電磁波センサーに関してはFM-CW方式を例とし、従って検知により「相対速度・相対距離が測定できる」のものとして説明をおこなう。

【0020】図1は、本発明に係る障害物検知装置の実施例をブロック図で示したものであり、図中、1は送信アンテナ、2は送信回路、3はVCO（電圧制御発振器）を含む変調回路、4は受信アンテナ、5は受信回路、そして、6はミキサーを示しており、送信回路2と変調回路3とで電波発信装置を構成しており、受信回路5は電波受信装置を構成している。

【0021】また、変調回路3に与える信号は信号生成回路8によって生成され、この信号生成回路8は同期信号生成回路9からのクロック信号を常に受けており、更にROM又はRAMから成る変調パターン記憶部11に記憶されている三角形状と直線部から成る変調パターンを受けて図2に示すような変調波を生成している。

【0022】また、ミキサー6の出力信号は、復調回路7に与えられる様になっており、この復調回路7の出力信号は復調信号分離回路12に与えられて信号分離され更にデジタル信号として周波数解析・信号処理部13に送られ、その周波数解析結果が本発明の特徴部分である判定部としてのCPU10に与えられて判定信号を出力するものである。

【0023】尚、復調信号分離回路12も同期信号生成回路9からの同期信号を受ける様に構成されている。

【0024】更に、14は計測されたデータ及びCPU10によって予測計算（後述）されたデータを格納しておく記憶部であり、15は実車速を検出する車速センサである。

【0025】次に、この障害物検知装置の動作を図3に示したフローチャートに沿って説明する。

【0026】ステップS1：まず、電磁波センシングを行うため、CPU10が変調パターン記憶部11に対して変調パターンの出力を指示すると記憶部11からは図2（a）に実線で示すような変調信号を形成するためのデータを信号生成回路8に出力する。

【0027】これを受けて信号生成回路8では変調信号データをアナログ信号aに変換し、変調回路（VCO）3へ送り、その三角形状の周波数変調を受けた信号bとして送信回路2及び送信アンテナ1を介して送信する。尚、これらの変調パターンはCPU等によりプログラム型可変データとしてもよい。

【0028】送信アンテナ1から送信された発射波が図

4に示すように反射物体（前方車両）21で反射されて戻って来ると、この反射波は受信アンテナ4で受信される。

【0029】即ち、図2において、反射物体、例えば前方車両でレーダ波が反射して来たとき、発射波と受信波のミキシングにより得られる波形の時間変化を示したもので、同図(a)の実線は発射波（三角形に周波数変調された電磁波）を示しており、車両等の電波反射物体により反射し且つその物体が移動物体であるならばドップラー効果により点線で示すような周波数が遷移した同図(b)に点線で示す受信波となる。

$$f_b = (4\Delta f \cdot f_m / C) r d \pm (2f_0 / C) r v \quad \dots (3) \\ = f_r \pm f_d$$

但し、 $r v$: レーダーセンサに対する反射物体の相対速度 [m/sec]

$r d$: レーダーセンサから反射物体までの相対距離 [m]

C : 光速 [m/sec]

Δf : 周波数変調幅 [Hz]

f_m : 変調周波数 [Hz]

$$f_r = 0.5(f_{up} + f_{dn}), f_d = 0.5(f_{up} - f_{dn}) \quad \dots (4)$$

となり、(3)と(4)式により、

【0035】

$$r v = (C / 2f_0) f_d, r d = (C / 4\Delta f \cdot f_m) f_r \quad \dots (5)$$

となり、この(5)式により電波反射物体までの相対距離 $r d$ と相対速度 $r v$ が求められることになる（図4参照）。

$$r v = \alpha(f_{up} - f_{dn}), r d = \beta(f_{up} + f_{dn}) \quad \dots (6)$$

とする。

【0038】ステップS3 : このビート信号 c は復調信号分離回路12に送られてサンプリングされると共に、ここで、同期信号生成回路9からの同期信号に基づき復調信号を分離し、その情報を周波数解析・信号処理部13へ送る。

【0039】ステップS4 : この周波数解析・信号処理部13では、発射波と受信波のビート信号 c に対して周波数解析を行う。この周波数解析とは、図5に示すように、周波数変調パターンにおける周波数が上昇する部分（UP側部分）と周波数が下降する部分（DN側部分）とに分離し、各々FFT（高速フーリエ変換）等を用いて電波反射物体の相対速度と相対距離に応じたビート周波数（＝ピーク周波数）を解析し、かつピーク形状等により停止物に対するピーク周波数の判別を行い、UP側とDN側各々のピーク周波数を出力する。

【0040】そして、CPU10では、後述の如くピークの組合せを見出し、上記の(3)～(5)式より図4に示す電波反射物体の距離 $r d$ と相対速度 $r v$ を算出する。また、車速センサ15から自車速度を取り込み、相対速度 $r v$ と相対距離 $r d$ の計算結果と比較して支柱等の判定をも行う。

【0041】ステップS5 : このステップでは、反射物

【0030】ステップS2 : この受信波は受信回路5により電気信号に変換され、ミキサー6で発射波とその受信波の混合が行われる。この混合された信号は復調回路7へ送られ、そこで同図(b)に示すようなビート周波数のビート信号 c に変換される。

【0031】このビート信号周波数 f_b は下記の(3)式により電波反射物体の距離と速度にそれぞれ相当する距離周波数 f_r と速度周波数 f_d の和又は差で表される。

【0032】

【数3】

f_0 : レーダー搬送波周波数 [Hz]

【0033】ここで、変調波周波数上昇側のビート周波数を f_{up} 、同下降側ビート周波数を f_{dn} とすると、

【0034】

【数4】

【数5】

【0036】なお、簡単化のため、

【0037】

【数6】

体が複数存在するような場合（カーブ路に街灯支柱が存在する場合）に、UP側のピーク周波数 f_{up} とDN側のピーク周波数 f_{dn} との組合せが種々発生することとなるので、これらの組合せを全て考慮する。

【0042】〔1〕相対速度・相対距離の演算と組合せ（ベアリング） : UP側ピーク周波数とDN側ピーク周波数とを組み合わせることにより上記の(3)～(5)式から電波反射物体の相対速度と相対距離が計算される。これをベアリングと呼ぶことにする。

【0043】ところでFM-CW方式ではマルチターゲット（複数の反射物体）の場合、反射物体数に応じた数分ピークがUP側、DN側に存在する。例えば3物体で反射した際は、UP側ピークが3個、DN側ピークも3個存在し、それらの組合せは $3 \times 3 = 9$ 通りある。従って、9種類の検知データを生成することになり、3種類の検知データのみが正しいベアリングであり、他の6種類の検知データは不要である。

【0044】〔2〕不要検知距離データの除去の考え方 : 上記の不要検知データの分離／除去の根拠について図3のフローチャートから若干離れて以下に述べる。これは、ある時点での検知データを用いてその次の回の検知データを予測し、次回の実際の検知データとの比較を行えば、不要データが除去できることを示すものであ

る。

【0045】(a) 予測距離の誤差について
今回のサンプリングによる検知データを基に次回のサンプリングによる検知でのターゲットとの距離の予測を行う際は、今回検知した相対速度が次回の検知までの間は変化しないものとして距離予測値を計算する。しかし、反射物体および自車が加減速中では誤差が生ずるので、その誤差に関してまず検討を行う。

【0046】このため、

$$\begin{aligned} \text{今回の検知距離} &= r d \text{ [m]} \\ e d &= r d + r v \tau \text{ [m]} \end{aligned}$$

【0048】また、サンプリング間で相対加速度が変化

$$r r = r d + r v \tau + 1/2 r a \tau^2$$

【0049】ここで、(A-2) 式 - (A-1) 式 = ε

$$\varepsilon R = 1/2 r a \tau^2$$

となる。

$$|a| \leq 0.5 G \quad (G := \text{重力加速度})$$

と仮定すると、これにより、ターゲットとの相対加速度

$$|r a| \leq 1.0 G \approx 10 \text{ [m/sec}^2\text{]}$$

となる。

$$|\varepsilon R| \leq 5 \tau^2 \text{ [m]}$$

となる。例えばサンプリングタイムを 0.1 [sec] とすれば、(A-6) 式により予測値と実際の距離との差は、 $|\varepsilon R| \leq 0.05 \text{ [m]}$ つまり、 $\pm 5 \text{ [cm]}$ 以内となる。

【0052】従って、距離の予測に関しては、(A-1) 式で行っても問題は無いと言える。

【0053】(b) サンプリング間隔のピーク周波数の変化量

今回検知したターゲットに対するピーク周波数を上記のように、

$$\text{UP側ピーク周波数} = f_{UP} \text{ [Hz]}$$

$$r v_{i+1} = r v_i + r a \tau \text{ [m/s]}$$

となる。

【0055】また、例えば α , β を

$$\alpha = -1/800 \text{ [m/s/Hz]}, \quad \beta = 1/1500 \text{ [m/Hz]}$$

$$(f_{UPi+1} - f_{UPi}) = (f_{DNi+1} - f_{DNi}) + \delta$$

$$\text{ただし、} |\delta| \leq 800 \text{ [Hz]}$$

となる。

【0057】ここで第 i 回目のピーク周波数と第 $i+1$

$$\Delta f_{UP} = \Delta f_{DN} + \delta$$

となる。

【0058】(c) 誤ペアリングの除去

複数のターゲットを検知した際は、各ターゲットに対するピーク周波数がUP側、DN側それぞれ n 個、 m 個存在する。

【0059】ここで簡略化のため、2つのターゲットを

*ターゲット1

$$\text{ピーク周波数: } f_{1UPi} \text{ [Hz]}, f_{1Dni} \text{ [Hz]}$$

今回の検知相対速度

$$= r v \text{ [m/sec]}$$

検知間隔時間 (= サンプリングタイム) = τ [sec]

実際の相対加速度

$$= r a \text{ [m/sec}^2\text{]}$$

c²]

次回の予測距離

$$= e d \text{ [m]}$$

次回での実際の距離

$$= r r \text{ [m]}$$

予測値と実際の距離との差

$$= \varepsilon R \text{ [m]}$$

とする。

【0047】次式によって、次回検知される距離を予測する。

$$\dots (A-1)$$

しないとすれば、実際の距離は次式となる。

$$\text{[m]} \dots (A-2)$$

Rであり、

$$\dots (A-3)$$

【0050】ここで車両の加速度 a の範囲は

$$\dots (A-4)$$

$r a$ の範囲は、

$$\dots (A-5)$$

【0051】従って、距離差 εR は、

$$\dots (A-6)$$

DN側ピーク周波数 = f_{DN} [Hz]

とし、また今回の検知データを、

$$\text{相対速度} = r v \text{ [m/sec]}, \text{ 距離} = r d \text{ [m]}$$

とする。

【0054】ただし、相対速度は接近方向を正、サンプリングタイムを τ [sec]、相対加速度を $r a$ [m/sec²] とし、サンプリング間で相対加速度は変化しないとする。また今回の検知を第 i 回目とすれば、次回の検知は第 $i+1$ 回目となり、これらを下付き添字で表すことにする。第 $i+1$ 回目の検知距離 $r d_{i+1}$ は

$$\dots (A-7)$$

とする。

【0056】また、 $\tau = 0.1$ [sec] とし、これと

(6) 式および (A-5) 式を (A-7) 式に代入すれば、

$$\dots (A-8)$$

回目のピーク周波数の差を Δf とすると、

$$\dots (A-9)$$

検知したとし、UP側/DN側各々に2つのピーク周波数が存在するとする。2つのターゲットをそれぞれターゲット1、ターゲット2と呼ぶことにし、今回の検知を第 i 回目として各ターゲットの検知データを以下のとおりとする。

【0060】

$$\text{相対速度} : r v 1_i = \alpha (f 1_{UPi} - f 1_{DNi}) \text{ [m/s]} \quad \dots (A-10)$$

$$\text{距離} : r d 1_i = \beta (f 1_{UPi} + f 1_{DNi}) \text{ [m]} \quad \dots (A-11)$$

*ターゲット2

$$\text{ピーク周波数} : f 2_{UPi+1} \text{ [Hz]}, f 2_{DNi} \text{ [Hz]}$$

$$\text{相対速度} : r v 2_i = \alpha (f 2_{UPi} - f 2_{DNi}) \text{ [m/s]} \quad \dots (A-12)$$

$$\text{距離} : r d 2_i = \beta (f 2_{UPi} + f 2_{DNi}) \text{ [m]} \quad \dots (A-13)$$

【0061】また、簡略化のためターゲットとの相対速度が0のとき、(A-9)式で $\delta=0$ 、つまりサンプリング間隔のUP側とDN側ピーク周波数の変化量は同一として扱い、ターゲット1のピーク周波数変化量を $\Delta f 1$

$f 1$ [Hz]、ターゲット2の変化量を $\Delta f 2$ [Hz]とする。従って次の第 $i+1$ 回目の検知データは次のようになる。

【0062】

*ターゲット1

$$\text{ピーク周波数変化量} : \Delta f 1$$

$$\text{ピーク周波数} : f 1_{UPi+1} = f 1_{UPi} + \Delta f 1 \quad \dots (A-14)$$

$$f 1_{DNi+1} = f 1_{DNi} + \Delta f 1 \quad \dots (A-15)$$

$$\text{相対速度} : r v 1_{i+1} = \alpha (f 1_{UPi+1} - f 1_{DNi+1}) \quad \dots (A-16)$$

$$\text{距離} : r d 1_{i+1} = \beta (f 1_{UPi+1} + f 1_{DNi+1}) \quad \dots (A-17)$$

*ターゲット2

$$\text{ピーク周波数変化量} : \Delta f 2$$

$$\text{ピーク周波数} : f 2_{UPi+1} = f 2_{UPi} + \Delta f 2 \quad \dots (A-18)$$

$$f 2_{DNi+1} = f 2_{DNi} + \Delta f 2 \quad \dots (A-19)$$

$$\text{相対速度} : r v 2_{i+1} = \alpha (f 2_{UPi+1} - f 2_{DNi+1}) \quad \dots (A-20)$$

$$\text{距離} : r d 2_{i+1} = \beta (f 2_{UPi+1} + f 2_{DNi+1}) \quad \dots (A-21)$$

【0063】ただし、

$$\alpha = -1/800 \text{ [m/sec/Hz]}, \beta = 1/1500 \text{ [m/Hz]} \quad \dots (A-22)$$

とする。

【0064】ここで、第 i 回目の検知でのランダムペアリングによる検知データは4組あり、上記の $(r v 1_i, r$

$d 1_i)$ 及び $(r v 2_i, r d 2_i)$ の他に $(r v 3_i, r d 3_i)$ 及び $(r v 4_i, r d 4_i)$ がある。ただし、

$$r v 3_i = \alpha (f 1_{UPi} - f 2_{DNi}) \quad \dots (A-23)$$

$$r d 3_i = \beta (f 1_{UPi} + f 2_{DNi}) \quad \dots (A-24)$$

$$r v 4_i = \alpha (f 2_{UPi} - f 1_{DNi}) \quad \dots (A-25)$$

$$r d 4_i = \beta (f 2_{UPi} + f 1_{DNi}) \quad \dots (A-26)$$

【0065】ここで、ランダムペアリングとは、図6

(1)及び(2)に示すように、ターゲット1のUP側ピーク周波数①とDN側ピーク周波数①及びターゲット2のUP側ピーク周波数②とDN側ピーク周波数②で組み合わせを表すことにすれば、(①, ①)、(①, ②)、(②, ①)、(②, ②)の4通りのペアリングを行うこ

とである。

【0066】また第 $i+1$ 回目の検知でのランダムペアリングによる検知データも4組あり、 $(r v 1_{i+1}, r d 1_{i+1})$ 及び $(r v 2_{i+1}, r d 2_{i+1})$ の他に $(r v 3_{i+1}, r d 3_{i+1})$ 及び $(r v 4_{i+1}, r d 4_{i+1})$ がある。ただし、

$$r v 3_{i+1} = \alpha (f 1_{UPi+1} - f 2_{DNi+1}) \quad \dots (A-27)$$

$$r d 3_{i+1} = \beta (f 1_{UPi+1} + f 2_{DNi+1}) \quad \dots (A-28)$$

$$r v 4_{i+1} = \alpha (f 2_{UPi+1} - f 1_{DNi+1}) \quad \dots (A-29)$$

$$r d 4_{i+1} = \beta (f 2_{UPi+1} + f 1_{DNi+1}) \quad \dots (A-30)$$

【0067】さて、前述の(a)により、第 i 回目の検知データを基に第 $i+1$ 回目の検知距離の予測値 $e d$ は

次式で求められる。

$$e d = r d_i + r v_i \tau \text{ [m]} \quad \dots (A-31)$$

【0068】そこで第 i 回目のランダムペアリングによる検知データの組で第 $i+1$ 回目の距離の予測を次のと

おり行う。

$$\begin{aligned} e d 1 &= r d 1_i + r v 1_i \tau \\ &= \beta (f 1_{UPi} + f 1_{DNi}) + \alpha \tau (f 1_{UPi} - f 1_{DNi}) \quad \dots (A-32) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e d 2 &= r d 2_i + r v 2_i \tau \\ &= \beta (f 2_{UPi} + f 2_{DNi}) + \alpha \tau (f 2_{UPi} - f 2_{DNi}) \quad \dots (A-33) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ed3 &= rd3_i + rv3_i \tau \\ &= \beta(f1_{UPi} + f2_{DNI}) + \alpha \tau(f1_{UPi} - f2_{DNI}) \cdots (A-34) \\ ed4 &= rd4_i + rv4_i \tau \\ &= \beta(f2_{UPi} + f1_{DNI}) + \alpha \tau(f2_{UPi} - f1_{DNI}) \cdots (A-35) \end{aligned}$$

【0069】また、(A-17)、(A-21)、(A-5)、(A-18)、(A-19)式より、実際の距離-28)、(A-30)式と(A-14)、(A-1)検知データはそれぞれ下記ようになる。

$$\begin{aligned} rd1_{i+1} &= \beta(f1_{UPi} + f1_{DNI} + 2\Delta f1) \cdots (A-36) \\ rd2_{i+1} &= \beta(f2_{UPi} + f2_{DNI} + 2\Delta f2) \cdots (A-37) \\ rd3_{i+1} &= \beta(f1_{UPi} + f2_{DNI} + \Delta f1 + \Delta f2) \cdots (A-38) \\ rd4_{i+1} &= \beta(f2_{UPi} + f1_{DNI} + \Delta f1 + \Delta f2) \cdots (A-39) \end{aligned}$$

【0070】ここで、第*i*回目と第*i*+1回目の正しいペアリングの検知データの組、(*rv1_i*, *rd1_i*)と(*rv1_{i+1}*, *rd1_{i+1}*)および(*rv2_i*, *rd2_i*)と(*rv2_{i+1}*, *rd2_{i+1}*)で、 $\Delta f1$ と $\Delta f2$ が求め

【0071】即ち、 $rd1_{i+1} = rd1_i + rv1_i \tau$ として、(A-10)、(A-11)及び(A-36)式より

$$\begin{aligned} \Delta f1 &= \alpha \tau(f1_{UPi} - f1_{DNI}) / 2\beta \quad \text{または} \\ &= rv1_i \tau / 2\beta \cdots (A-40) \end{aligned}$$

となり、同様にして

$$\begin{aligned} \Delta f2 &= \alpha \tau(f2_{UPi} - f2_{DNI}) / 2\beta \quad \text{または} \\ &= rv2_i \tau / 2\beta \cdots (A-41) \end{aligned}$$

となる。

【0072】ところで、上記のed1及びed2はターゲット1、2に対する正しいペアリングであるが、ed3及びed4はペアリングによる予測値である。

$$(f2_{DNI} - f1_{DNI})(\alpha \tau - \beta) = 0$$

【0074】しかしながら、(A-22)式より($\alpha \tau$

$$f2_{DNI} = f1_{DNI}$$

である。この場合はUP側ピーク周波数は2個あるが、DN側は(A-43)式から1個であり2つのターゲットについてピーク周波数が同じとなった正しいペアリン

$$(f2_{UPi} - f1_{UPi})(\alpha \tau + \beta) = 0$$

【0076】また、 $\tau = 0.1$ より($\alpha \tau - \beta) \neq 0$ で

$$f2_{UPi} = f1_{UPi}$$

である。①と逆にDN側ピーク周波数は2個あるが、UP側は(A-45)式から1個であり2つのターゲットについてピーク周波数が同じとなった正しいペアリングとなる。

$$(f1_{UPi} + f1_{DNI}) = (f2_{UPi} + f2_{DNI}) \cdots (A-46)$$

である。この場合は例えば、図7に示すように、進行方向が互いに対向する2つのターゲットがすれ違う瞬間を検知した状況に相当している。

【0078】しかしながら、この状況は第*i*回目の検知

$$\begin{aligned} &(f1_{UPi} - f2_{UPi})(\alpha \tau / \beta + 1) \\ &+ (f1_{DNI} - f2_{DNI})(\alpha \tau / \beta - 1) = 0 \cdots (A-47) \end{aligned}$$

【0079】整理して、

$$\begin{aligned} &(f1_{UPi} - f2_{UPi})(\alpha \tau + \beta) / (\alpha \tau - \beta) \\ &+ (f1_{DNI} - f2_{DNI}) = 0 \cdots (A-48) \end{aligned}$$

【0080】ところで、(A-48)式が任意の*τ*に対

$$f1_{UPi} = f2_{UPi} \text{ かつ } f1_{DNI} = f2_{DNI} \cdots (A-49)$$

でなければならない。

【0081】このときは、ランダムペアリングは1組し

【0073】このうち、まずed3について以下の場合分けを行って検討する。

①ed3=rd1_{i+1}の場合：(A-34)、(A-36)及び(A-40)式より、
 $\cdots (A-42)$

−β)≠0であるので

$$\cdots (A-43)$$

グとなる。

【0075】②ed3=rd2_{i+1}の場合：(A-34)、(A-37)及び(A-41)式より、
 $\cdots (A-44)$

あるので、

$$\cdots (A-45)$$

【0077】③ed3=rd3_{i+1}の場合：(A-34)、(A-38)、(A-40)及び(A-41)式より、

の時のみであり、前後の連続した検知の状況を観察することで誤ペアリングによるデータは除去できる。

④ed3=rd4_{i+1}の場合：(A-34)、(A-39)、(A-40)及び(A-41)式より、

して成り立つためには、

がなく、従ってターゲットが1つしかない場合と同じであるから正しいペアリングである。

【0082】しかしながら、例とした α 、 β および τ では、(A-49)式以外の場合でも(A-48)式が成立するので、誤ったベアリングになるが、ただし、③と同様に前後の連続した検知状況を観察することで、誤ベアリングによるデータは後述の如く除去できる。

【0083】さらに(A-9)式の δ を考慮しても、上記①～④と同様な結果が得られる。

【0084】また、このed3についての検討結果はed4についても同様なことが言える。

【0085】従って、今回の検知のランダムベアリングによる検知データでの予測値が次の検知のランダムベアリングによる検知データと一致すれば、それは正しいベアリングであり、誤ベアリングによるデータは除去できることとなる。

【0086】(d)カーブ路における街灯支柱の除去さてカーブ路で街灯支柱を検知する状況は、レーダ搭載車＝(以下、自車とする)に対しては、停止物を前方に検知した状況に等しい。しかし、自車が停止物に接近する状況は自車からみれば、見かけ上停止物体が(自車速と等しい速度で)正面から＝直線的に接近してくると見なせる。

【0087】ここで、停止物に正面から接近する状況と、カーブ路で街灯支柱を検知する状況を直線路に置き換えて検討する。

【0088】図8(1)において、矢印の順に距離検知するとして、各検知間隔に自車(見かけ上停止物ST)20がD[m]移動するとすると、同図(2)に示すカーブ路では円周方向にD[m]移動するため、図から判るように、停止物STに正面から接近する状況と街灯支柱LPを検知する状況とは検知相対距離に差 ΔD が生ずる。

【0089】つまり、検知相対速度に対して、相対距離の変化量を予測すると、カーブ路では予測値よりも少ないため、予測値と次の検知データが一致しない。

【0090】従って、カーブ路での街灯支柱に対しても今回の検知データを基に上記のとおり次の検知相対距離の予測を行えば、次の検知データとの比較により、その今回の街灯支柱データの除去が可能となる。

【0091】ステップS6:上記の根拠(a)～(d)により、『今回の検知データを基に次の予測検知相対距離を計算し、次の検知データの中に一致するものが存在すれば、次回から検知データを出力する。』ようにすると、ターゲットの正しい検知データが出力される。

【0092】しかしながら、電磁波の性質上、マルチパス(電波干渉により反射波のレベル等が低下して正確なビート周波数が求められない現象)によってターゲットが存在するにも関わらず検知不能になることがあるが、移動物体であるならばこの現象は一瞬であり、複数回の判定を行えばこのような検知不能状態を取り除くことができる。

【0093】このため、本実施例では、フラグに類似した概念として「データ出力可能パラメータ」を用い、この値により今回と次の比較による正しいデータの出力と、マルチパスによるデータの欠落に対するデータの補填を行って正しいベアリングデータの出力/未出力を調整するようにした。

【0094】そして、ランダムベアリングの各検知データ(ランダム検知データと呼ぶ)毎にデータ出力可能パラメータの初期値をC(例えば“7”)として設定する。

【0095】ステップS7:次に、図8に示すように、データ記憶部14のメモリブロックに今回(第i回目)ランダム検知データとデータ出力可能パラメータを記憶する。ただし、今回のランダム検知データは予測距離の項に記憶する。

【0096】上記のメモリブロック内のデータで、次回(第i+1回目)の検知距離の予測を次式で行い、これをブロック内の予測距離の項に更新する。

予測距離 := (ブロック内の) 予測距離 + 相対速度 $\times \tau$

【0097】そして、第i+1回目の検知でもランダムベアリングを行い、ランダム検知データに上記と同様な処理を行って別のメモリブロックに記憶する。

【0098】ステップS8、S9:第i+1回目のランダム検知データと第i回目のランダム検知データの予測距離の項を比較し、一致した場合には、上記のようにこのランダムベアリングは正しいことになり、第i+1回目ランダム検知データのブロックのデータ出力可能パラメータに加算値P(例えば“7”)を加算する。

【0099】ステップS10、S11:ブロック内のデータ出力可能パラメータが後方保護のための最大リミット値M(例えば“20”)以上か否かを判定し、M以上のものはMに制限する。

【0100】ステップS8、S12、S13:第i+1回目のランダム検知データと第i回目のランダム検知データの予測距離の項を比較し、一致しない場合はデータ出力可能パラメータから減算値D(例えば“3”)を減じ、検知ブロック内の予測値を今回の検知データの項に代入する。

【0101】ステップS14、S15:そして、データ出力可能パラメータが前方保護のための最小リミット値0以下か否かを判定し、0以下のときには検知ブロックをクリアする。

【0102】ステップS16、S17:この後、データ出力可能パラメータが閾値TH(例えば“14”)以上か否かを判定し、閾値TH以上のときのみ検知ブロックのデータを正しい検知データとして出力する。

【0103】ステップS18:そして、メモリにある検知ブロック内の検知データを基に上記の予測式を用いて、次の予測値を求め、予測値の項に代入する。

【0104】ステップS19、S20:メモリに残って

いるブロックを第 i 回目のランダム検知データのブロックとするためにブロック名の変更を行い、演算が終了するまでステップ S 1 へ戻る。

【0105】従って、上記の各数値の例を用いるとすれば、 $C + P = 14$ で 2 回連続検知することで閾値 $TH = 14$ 以上となり、正しい検知距離データとして出力されることとなる（後方保護）。

【0106】そして、その後に連続して一致しても上限値 $= 20$ は越えないので、1 回の不一致では検知データの出力は続けられるが、不一致が 2 回連続したときに閾値 $TH = 14$ 以下となって検知データは出力されなくなる（前方保護）。

【0107】なお、初期状態＝割り込み車両の発生等では 1 回の検知間隔時間分遅れるが、例えば高速な処理装置の出現に伴いこの「遅れ」は問題無い。

【0108】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る障害物検知装置によれば、ビート信号の周波数分析の結果を受けて上昇側及び下降側のピーク周波数を求め、該ピーク周波数が複数の反射物体について発生したとき上昇側及び下降側のピーク周波数の全ての組合せについて所定時間後の予測距離を算出し、該予測距離と実際に計測した距離とが一致した組合せにおける距離を前方車両との距離として選択するように構成したので、誤り警報の低減が図られ、カーブ路における車両とそれ以外の障害物との区別を特別な素子を用いずに正確に行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る障害物検知装置の実施例を示したブロック図である。

【図 2】本発明に係る障害物検知装置の送受信波形図である。

【図 3】本発明に係る障害物検知装置に用いる演算部としての CPU に格納され且つ実行される検知処理のフローチャート図である。

【図 4】本発明に係る障害物検知装置の動作を説明するための平面図である。

【図 5】本発明に係る障害物検知装置における変調周波数のスペクトラムを示した波形図である。

【図 6】本発明に係る障害物検知装置においてターゲッ

ト（反射物体）が 2 個存在するときのピーク周波数のスペクトラムを示した図である。

【図 7】本発明に係る障害物検知装置の動作原理を説明するために対向するターゲットがすれ違う瞬間を検知を状況を示した平面図である。

【図 8】本発明に係る障害物検知装置のデータ記憶部におけるメモリ内の検知ブロックの構成を示した図である。

【図 9】本発明に係る障害物検知装置の動作原理を説明するために停止物と街灯支柱に対する見掛け上の距離変化を示した図である。

【図 10】従来から一般的に知られた FM-CW 波を用いた障害物検知装置の直線路での検知範囲を示したブロック図である。

【図 11】車両が走行するカーブ路の曲率半径を説明するための図である。

【図 12】レーダ搭載車両のカーブ路内の様子を示した図である。

【図 13】レーダのビーム幅と曲率半径との幾何学的関係を示した図である。

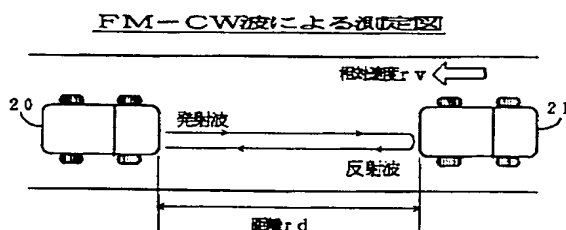
【図 14】カーブ路内の街灯支柱の検知の状況を示した図である。

【符号の説明】

- 1 送信アンテナ
- 2 送信回路
- 3 変調回路
- 4 受信アンテナ
- 5 受信回路
- 6 ミキサー
- 7 復調回路
- 8 信号生成回路
- 9 同期信号生成回路
- 10 CPU（演算部）
- 11 変調パターン記憶部
- 12 復調信号分離回路
- 13 周波数解析・信号処理部
- 14 データ記憶部
- 15 車速センサ

図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

【図 4】



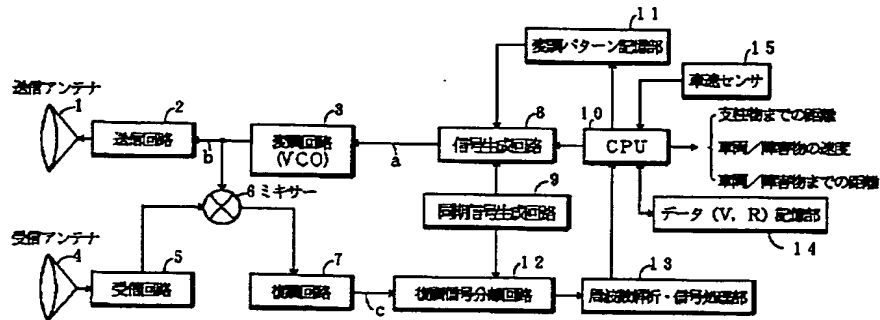
【図 8】

メモリに記憶する検知ブロックの構成

相対速度	予測距離	データ出力可能パラメータ
------	------	--------------

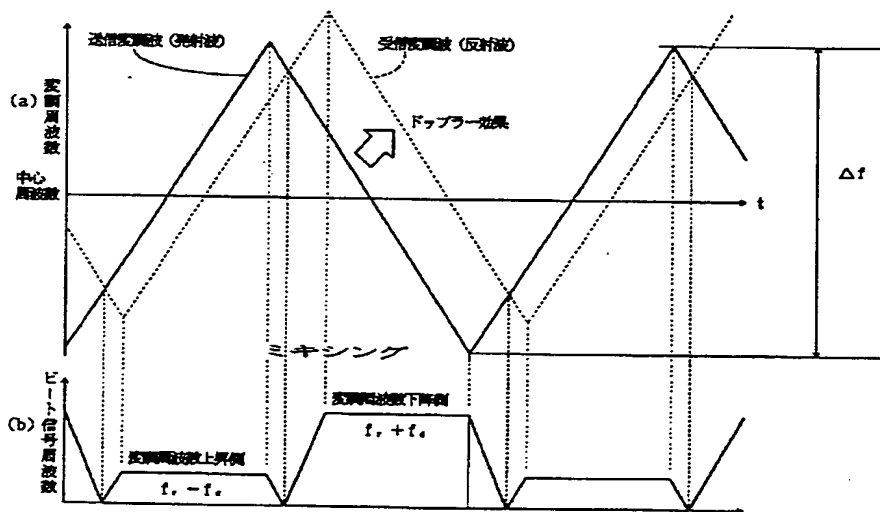
【図 1】

本発明の実施例構成図



【図 2】

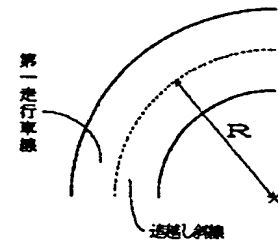
送受信波形図



【図 5】

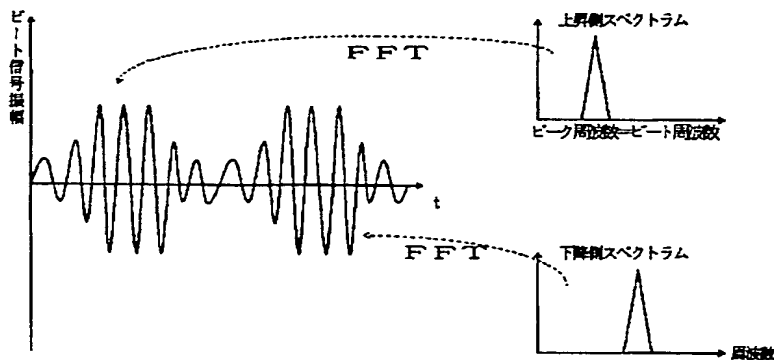
【図 11】

曲線半径の定義

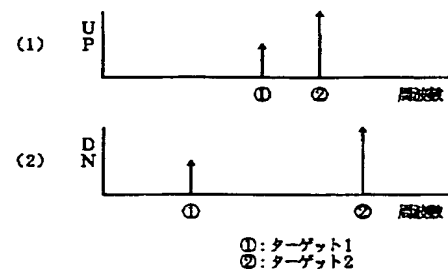


【図 6】

送受信周波数のスペクトラム

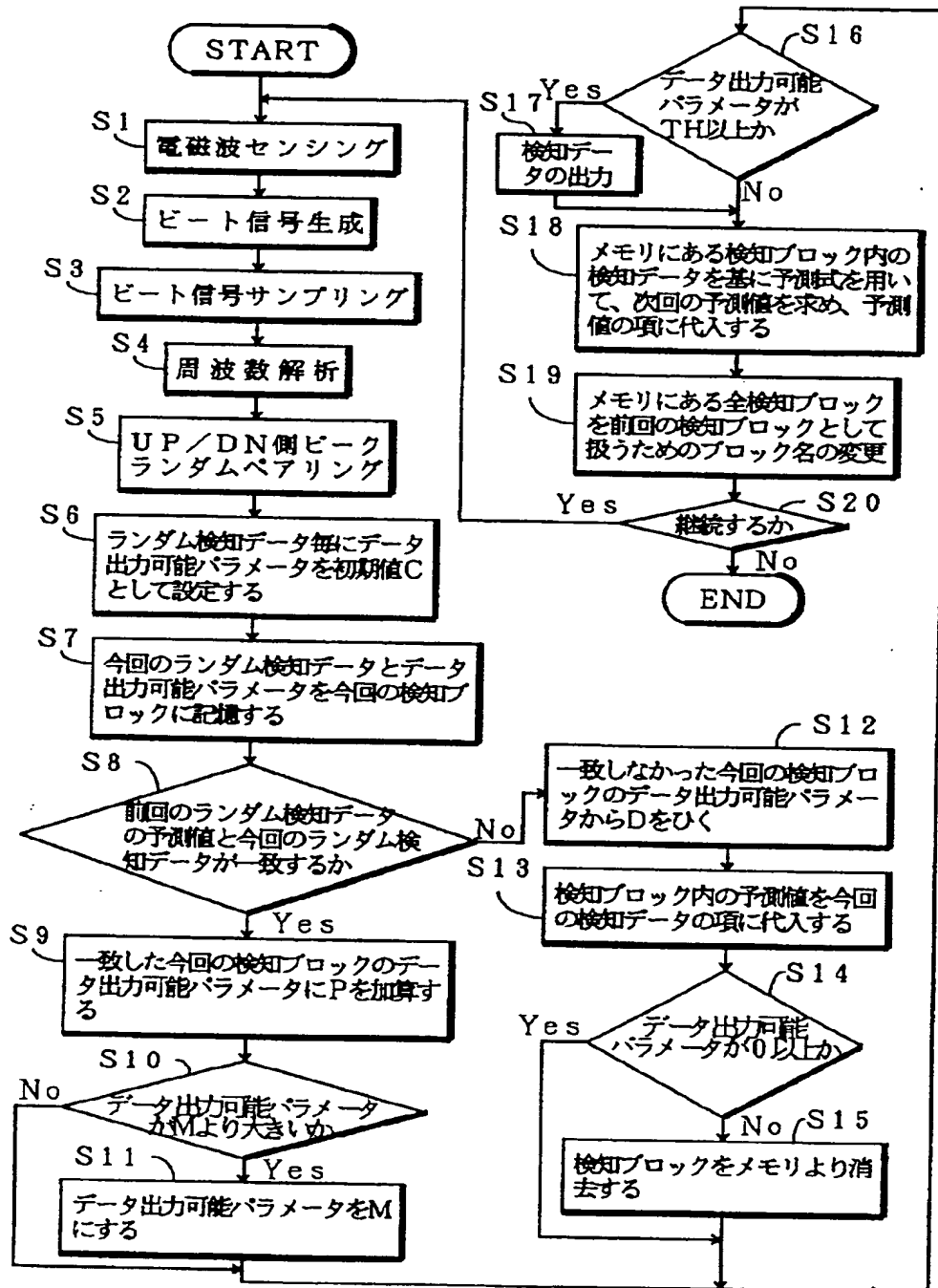


各ターゲットのピーク周波数



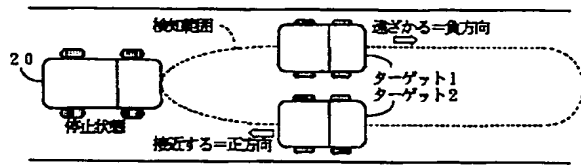
【図3】

本発明の実施例の動作フローチャート



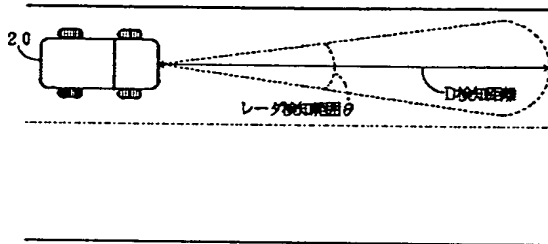
【図 7】

対向するターゲットがすれ違う瞬間を
検出した状況



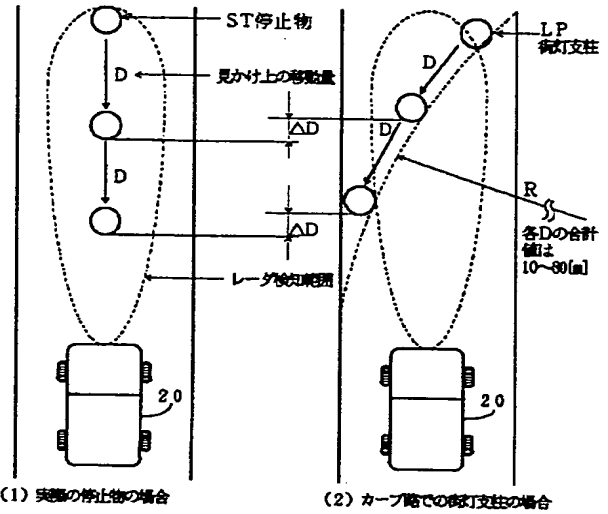
【図 10】

直線路各での検知範囲



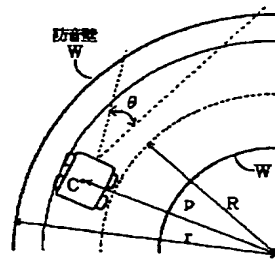
【図 9】

停止物と横灯支柱に対する
見かけ上の距離変化



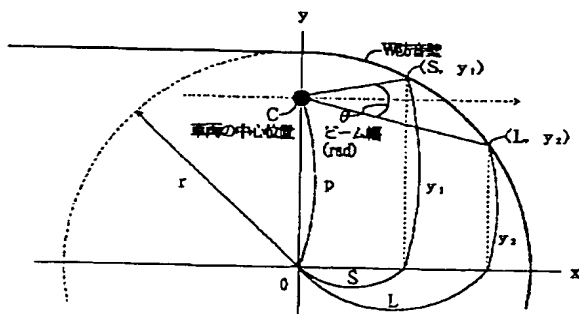
【図 12】

レーダ搭載車のカーブ路内の様子

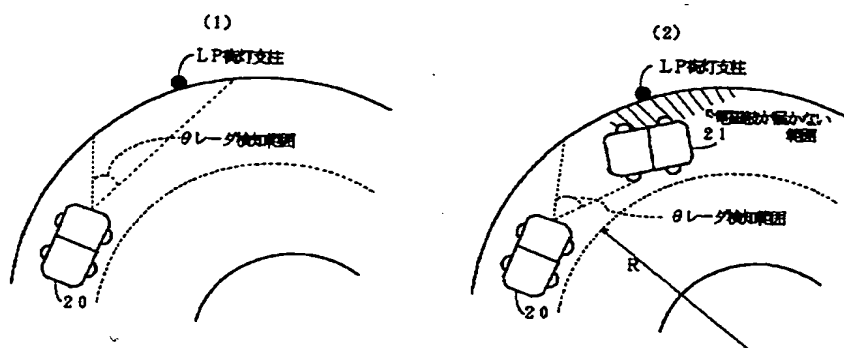


【図 13】

ビーム幅と曲率半径との幾何学的関係



【図14】

カーブ路内の街灯支柱の検知の状況

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 0 1 S 13/34

13/60

G 0 8 G 1/16

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

D

E

